

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

pat 3

(11)Publication number : 02-248920

(43)Date of publication of application : 04.10.1990

(51)Int.Cl.

G02C 7/06

(21)Application number : 02-017651

(71)Applicant : A O INC

(22)Date of filing : 26.01.1990

(72)Inventor : WINTHROP JOHN T

(30)Priority

Priority number : 89 313689

Priority date : 21.02.1989

Priority country : US

## (54) PROGRESSIVE MAGNIFICATION LENS

(57)Abstract:

PURPOSE: To make an astigmatism level low by smoothly dispersing the refractive magnification of a progressive additional spectacle lens by providing two numeral points in long distance and short distance visual field ranges and distributing the intensity of surface astigmatism over the entire range of a lens.

CONSTITUTION: This lens possesses a progressive magnification surface provided with the short distance part of a high magnification and the long distance part of a low magnification and two points with an interval are provided on the progressive magnification surface of the lens at the constant magnification area of the short distance part and the long distance part. The shape of a surface is set so that each point is surrounded by a range which is optically stabilized and the range of a progressive magnification, and is connected by the meridian of a progressive refractive magnification and the surface astigmatism is distributed over the entire surface of the lens between the two points with the interval. Thus, the magnification and astigmatism characteristic of the lens are smoothly and gently changed.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報(A) 平2-248920

⑨ Int. Cl.<sup>5</sup>  
G 02 C 7/06

識別記号

庁内整理番号  
7029-2H

⑬ 公開 平成2年(1990)10月4日

審査請求 未請求 請求項の数 30 (全16頁)

⑭ 発明の名称 累進倍率レンズ

⑮ 特 願 平2-17651

⑯ 出 願 平2(1990)1月26日

優先権主張 ⑰ 1989年2月21日 ⑱ 米国(U S) ⑲ 313689

⑳ 発 明 者 ジョン・テイ・ウイン アメリカ合衆国マサチューセッツ州02181、ウエルスレイ、スロップ  
 ⑳ 出 願 人 アメリカン・オブチカ アメリカ合衆国マサチューセッツ州01550、サウスブリッジ、メカニク、ストリート 14  
 ㉑ 代 理 人 弁理士 安達 光雄 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

累進倍率レンズ

## 2. 特許請求の範囲

1. 比較的高い倍率の近距離部分と、比較的低い倍率の遠距離部分とを設けた累進倍率表面を有するレンズボディを備え、近距離部分と遠距離部分との一定倍率領域が、レンズの累進倍率表面上に概ね2個の間隔を隔てた点を備え、上記各点が光学的に安定した範囲と累進倍率の範囲とで囲まれており、上記2個の間隔を隔てた点が累進屈折率のメリジアンでつながれ、上記2個の間隔を隔てた点の間でレンズの概ね表面全体に表面非点収差が分布するように表面の形状が設定され、上記範囲用レンズのメリジナル倍率法則が作用して比較的大きくて安定した近距離視野部分と比較的小さい遠距離部分とを形成することを特徴とする範囲の累進倍率範囲用レンズ。

2. レンズの最大非点収差がレンズの0-180° 端の上側に位置している請求項1記載の累進倍率範囲用レンズ。

3. レンズの大部分の付加倍率がレンズの選択された部分の下側に位置している請求項1記載の累進倍率範囲用レンズ。

4. 上記大部分が約75%である請求項3記載の累進倍率範囲用レンズ。

5. 上記2個の間隔を隔てた点の光学的安定性のある上記範囲が實質的に球形である請求項1記載の累進倍率範囲用レンズ。

6. 以下の式で定義される累進倍率表面を有するレンズボディを備え、

$$s = s(x, y)$$

$$-s(u) = \{s(u)^2 - [x - s(u)]^2 - y^2\}$$

なら

$$s(u) = u - s(u) \sin \theta(u)$$

$$s(u) = s(u) \cos \theta(u) + \int \tan \theta(u) du$$

$$\sin \theta(u) = \int_0^u \frac{du}{s(u)}$$

$$u = \frac{h}{2} - L + \theta - (\sin \theta) (u^2 - h^2/4)^{1/2}$$

$$\theta = (1/2) (p + \frac{u^2 + h^2/4}{p})$$

$$p = -\frac{h}{2} + L,$$

$$\frac{1}{s(u)} = \frac{1}{r_D} + \left(\frac{1}{r_h} - \frac{1}{r_D}\right) \prod_{n=1}^N c_n (u + L)^n$$

h = DP及びRP極の間の距離

L = 原点O上方のDP極のずれ

r<sub>D</sub> = DP極での累進表面の曲率半径

r<sub>h</sub> = RP極での累進表面の曲率半径

C<sub>n</sub> = 一定係数

$N$  = 多項式の次数

多項式倍率法則が作用して比較的大きくて安定した近距離視野部分と比較的小さい遠距離視野部分とを形成することを特徴とする景透倍率レンズ。

7. 倍率法則が係数  $c_1 = 0$ ,  $c_2 = 6/h^2$ ,  $c_3 = -8/h^2$ ,  $C_4 = 3/h^4$  の4次多項式である請求項8記載の景透倍率機能用レンズ。

8. 近距離部分と遠距離部分とを設けた景透倍率表面を有するレンズボディを備え、近距離部分が遠距離部分よりも高い倍率を有し、上記近距離部分と遠距離部分との少なくとも一方が、ある点の周囲の連続的に異なる一定平均表面倍率の複数の等高線を有する光学的に安定した範囲により限定され、光学的安定性のある上記範囲での倍率変化が感知できない程度に微小であり、上記遠距離部分と上記近距離部分との間の倍率の連続的変化のメリジアンと、レンズの景透倍率表面の形態とが、遠距離部分から近距離部分までのレンズの概ね表面全体にわたって表面収差を分布させるように作用し、上記機能用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して比較的大きくて安定した近距離視野部分と比較的小さい遠距離部分とを形成することを特徴とする景透倍率機能用レンズ。

9. レンズの最大非点収差がレンズの  $0-180^\circ$  線の上側に位置している請求項8記載の景透倍率機能用レンズ。

た部分の下側に位置している請求項12記載の景透倍率機能用レンズ。

15. 上記大部分が約75%である請求項14記載の景透倍率機能用レンズ。

16. 上記点の周囲の光学的安定性のある上記範囲が實質的に球形である請求項12記載の景透倍率機能用レンズ。

17. 比較的高い倍率の近距離部分と、比較的低い倍率の遠距離部分とを設けた景透倍率表面を有するレンズボディを備え、近距離部分と遠距離部分との一定倍率領域が、レンズの景透倍率表面上に概ね2個の間隔を隔てた点を備え、上記各点が光学的に安定した範囲と景透倍率の範囲とで囲まれており、上記2個の間隔を隔てた点が景透倍率のメリジアンでつながれ、上記2個の間隔を隔てた点の間でレンズの概ね表面全体に表面非点収差が分布するように表面の形状が設定され、上記動的活用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して比較的大きくて安定した遠距離視野部分と比較的小さい近距離部分とを形成することを特徴とする景透倍率動的活用レンズ。

18. レンズの最大非点収差がレンズの  $0-180^\circ$  線の下側に位置している請求項18記載の景透倍率動的活用レンズ。

19. 上記2個の間隔を隔てた点の光学的安定性のある

10. レンズの大部分の付加倍率がレンズの選択された部分の下側に位置している請求項8記載の景透倍率機能用レンズ

11. 上記大部分が約75%である請求項10記載の景透倍率機能用レンズ。

12. 第1の有効一定倍率の近距離部分と、第2の有効一定倍率の遠距離部分と、遠距離部分と遠距離部分との間のメリジアンに沿って徐々に倍率が変化する中間部分とを有するレンズボディを備えた景透倍率機能用レンズであって、上記機能用レンズのメリジオナル倍率法則が、比較的大きくて安定した近距離視野部分と比較的小さい遠距離視野部分を形成するように作用し、

上記遠距離部分と中間部分の少なくとも一方が、ある点の周囲及びそれに向かって倍率が徐々に変化するが目標的に感知できない光学的に安定した範囲により限定され、

レンズの景透倍率表面の形態が、上記一方の部分の上記点から他方の部分までのレンズの概ね表面全体にわたって表面収差を分布させるように作用することを特徴とする景透倍率機能用レンズ。

13. レンズの最大非点収差がレンズの  $0-180^\circ$  線の上側に位置している請求項12記載の景透倍率機能用レンズ。

14. レンズの大部分の付加倍率がレンズの選択され

る上記範囲が實質的に球形である請求項17記載の景透倍率機能用レンズ。

20. 以下の式で定義される景透倍率表面を有するレンズボディを備え、

$$z = f(x, y)$$

$$= c(u) - (r(u)^2 - (x - \xi(u))^2 - y^2)$$

かつ

$$\xi(u) = u - r(u) \sin \theta(u)$$

$$c(u) = r(u) \cos \theta(u) + \int \tan \theta(u) du$$

$$\sin \theta(u) = \int_0^u \frac{du}{r(u)}$$

$$u = \frac{h}{2} - L + g - (\log p) (g^2 - h^2/4)^{1/2}$$

$$g = (1/2) (p + \sqrt{p^2 + h^2/4})$$

$$p = u - \frac{h}{2} + L$$

$$\frac{1}{r(u)} = \frac{1}{r_0} + \left( \frac{1}{r_h} - \frac{1}{r_0} \right) \sum_{n=1}^N a_n (u + L)^n$$

$h$  = DP及びRP極の間隔

$L$  = 原点O上方のDP極のずれ

$r_0$  = DP極での景透表面の曲率半径

$r_h$  = RP極での景透表面の曲率半径

$C_4$  = 一定係数

$N$  = 多項式の次数

多項式倍率法則が作用して比較的大きくて安定した遠距離視野部分と比較的小さい近距離視野部分とを形成することを特徴とする累進倍率レンズ。

21. 倍率法則が係数  $c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0$ ,  $c_6 = 28/h^4$ ,  $c_7 = -48/h^5$ ,  $c_8 = -21/h^6$  の8次多項式である請求項20記載の累進倍率動用レンズ。

22. 近距離部分と遠距離部分とを設けた累進倍率表面を有するレンズボディを備え、近距離部分が遠距離部分よりも高い倍率を有し、上記近距離部分と遠距離部分との少なくとも一方が、ある点の周囲の連続的に異なる一定平均表面倍率の複数の等高線を有する光学的に安定した表面により限定され、光学的安定性のある上記表面での倍率変化が感知できない程度に微細であり、上記遠距離部分と上記近距離部分との間の倍率の連続的変化のメリジアンと、レンズの累進倍率表面の形態とが、遠距離部分から近距離部分までのレンズの概ね表面全体にわたって表面収差を分布させるように作用し、上記動的活動用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して比較的大きくて安定した遠距離視野部分と比較的小さい近距離部分とを形成することを特徴とする動用の累進倍率動的活動用レンズ。

23. レンズの最大非点収差がレンズの0-180°軸の下側に位置している請求項22記載の累進倍率動的

活動用レンズ。

24. 上記点の周囲の光学的安定性のある上記表面が實質的に球形である請求項22記載の動用累進倍率レンズ。

25. 第1の有効一定倍率の近距離部分と、第2の有効一定倍率の遠距離部分と、近距離部分と遠距離部分との間のメリジアンに沿って徐々に倍率が変化する中間部分とを有するレンズボディを備えた累進倍率動用レンズであって、上記動用レンズのメリジオナル倍率法則が、比較的大きくて安定した遠距離視野部分と比較的小さい近距離視野部分を形成するように作用し、

上記遠距離部分と接合部分の少なくとも一方が、ある点の周囲及びそれに向かって倍率が徐々に変化するが目標的に感知できない光学的に安定した表面により限定され、

レンズの累進倍率表面の形態が、上記一方の部分の上記点から他方の部分までのレンズの概ね表面全体にわたって表面収差を分布させるように作用することを特徴とする累進倍率動的活動用レンズ。

26. レンズの最大非点収差がレンズの0-180°軸の下側に位置している請求項25記載の累進倍率動的活動用レンズ。

27. 上記点の周囲の光学的安定性のある上記表面が實質的に球形である請求項25記載の動用累進倍率レン

ズ。

28. 多目的累進レンズと動用累進レンズと動的活動用累進レンズとのシステムを含む複数の累進倍率レンズであって、上記各レンズが、比較的高い倍率の近距離部分と、比較的低い倍率の遠距離部分とを設けた累進倍率表面を有するレンズボディを備え、近距離部分と遠距離部分との一定倍率領域が、レンズの累進倍率表面上に概ね2個の間隔を隔てた点を備え、上記各点が光学的に安定した表面と累進倍率の表面とで囲まれており、上記2個の間隔を隔てた点が累進屈折倍率のへそ点でつながれ、上記2個の間隔を隔てた点の間でレンズの概ね表面全体に表面非点収差が分布するように表面の形状が設定され、上記動用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して、多目的レンズの近距離部分よりも安定して大きい近距離部分と、上記多目的レンズの遠距離部分よりも小さい遠距離部分とを形成し、上記動的活動用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して、多目的レンズの近距離部分よりも安定して大きい遠距離部分と、多目的レンズの遠距離部分よりも小さい近距離部分とを形成することを特徴とする複数の累進倍率レンズ。

29. 多目的累進レンズと動用累進レンズと動的活動用累進レンズとのシステムを含む複数の動用の累進倍率レンズであって、上記各レンズが、近距離部分と遠距離部分とを設けた累進倍率表面を有するレンズボディを

備え、近距離部分が遠距離部分よりも高い倍率を有し、上記近距離部分と遠距離部分との少なくとも一方が、ある点の周囲の連続的に異なる一定平均表面倍率の複数の等高線を有する光学的に安定した表面により限定され、光学的安定性のある上記表面での倍率変化が感知できない程度に微細であり、上記遠距離部分と上記近距離部分との間の倍率の連続的変化のメリジアンと、レンズの累進倍率表面の形態とが、遠距離部分から近距離部分までのレンズの概ね表面全体にわたって表面収差を分布させるように作用し、上記動用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して、多目的レンズの近距離部分よりも安定して大きい近距離部分と、上記多目的レンズの遠距離部分よりも小さい遠距離部分とを形成し、上記動的活動用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して、多目的レンズの近距離部分よりも安定して大きい遠距離部分と、多目的レンズの遠距離部分よりも小さい近距離部分とを形成することを特徴とする複数の累進倍率レンズ。

30. 多目的累進レンズと動用累進レンズと動的活動用累進レンズとのシステムを含む複数の動用の累進倍率レンズであって、上記各レンズが、

近距離部分と遠距離部分とを設けた累進倍率表面を有するレンズボディを備え、近距離部分の倍率が遠距離部分よりも高く、

一定平均表面倍率の等高線の規則配列が、遠距離部分

から近距離部分まで延びて、遠距離部分から近距離部分までのメリジアンに沿って倍率で増加しており、

上記遠距離部分と近距離部分との少なくとも一方が、ある点に向かって一定平均長周倍率の連続する複数の等高線が収束する光学的に安定した範囲により限定され、

レンズの黒道倍率表面の形態が、上記一方の部分の上記点から他方の部分までのレンズの概ね長周全体にわたって長周収束を分布させるように作用し、

上記黒道用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して、多目的レンズの近距離部分よりも安定して大きい近距離部分と、上記多目的レンズの遠距離部分よりも小さい遠距離部分とを形成し、上記曲率的活動用レンズのメリジオナル倍率法則が作用して、多目的レンズの近距離部分よりも安定して大きい遠距離部分と、多目的レンズの近距離部分よりも小さい近距離部分とを形成することとを特徴とする複数の黒道倍率レンズ。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は黒道レンズに関し、より具体的には、老眼を矯正するための黒道レンズの改良技術に関する。本発明は、本件出願人の先の出願の多目的レンズを補足する黒道用及び曲率的活動用黒道レンズと、多目的及び黒道用、曲率的活動用黒道レンズのシステムを技術内容とするものである。

老眼、あるいは、年齢にともなう目の調節能力の低下

は、以前は、2焦点又は3焦点のレンズを備えた眼鏡により対処されていた。これに代えて、2対の単一視野用眼鏡、すなわち、近距離視野用と(必要ならば)遠距離視野用の眼鏡を1つずつ使用することも行われてきている。近年では、黒道付加眼鏡レンズが老視対策の第3の手段として一般的になりつつある。そのレンズには2焦点及び3焦点レンズと比べて2つの明確な利点があり、すなわち、調節倍率の連続的な範囲が得られるとともに、目で見える分割線がないという利点がある。

ところが、黒道レンズにも周知の不具合がある。特に、中間倍率領域で、必然的に望ましくない横方向非点収差及び黒点誤差が生じるということがある。更に、その様なレンズは、通常、非対称歪(正視性の損失)、ならびに、双眼的視野での望ましくない倍率及びプリズム的不均衡が生じるということがある。これらの収差は必ず生じ(すなわち、原理的に不可避であり)、その様な影響を減少あるいは最小にするための様々な努力がこれまでになされてきた。

黒道レンズには、(既に言及されているとしても)、言及されることの少ない別の欠点がある。大部分の黒道レンズは、黒道的に倍率が変化するという特徴があるにもかかわらず、標準的な3焦点の線に沿って設計されている。すなわち、黒道表面の遠距離部分は球形で、レンズの上半部を占めており、この点はソリッド型(エグゼ

クティブ)3焦点レンズの遠距離部分と同様であり、読書(読み取り)範囲も球形で、遠距離範囲からの約15mmだけ離れた球形範囲を占めている。これらの球形遠距離範囲及び近距離範囲は、黒道帯状範囲(その中心軸は通常はへそ点である)により接続され、レンズの本質的な収差は、黒道帯状範囲と読書範囲に対して横方向に位置する範囲内へ圧縮されている。これらの収差は問題となる程度に強いだけではなく、(その理由は、それらが封じ込められる範囲が小さいためである)、遠距離と中間範囲との間及び中間範囲と読書範囲との間の変化部に、あらゆる光学的特性、すなわち、平均倍率、非点収差、プリズムにおける比較的劇的な変化による印が付くためである。すなわち、典型的な黒道レンズで得られる視野は滑らかで連続的なものではなく、複数の明確な範囲とぼけのある範囲とに交互に分かれている。このような非連続的光学的特性を有するレンズは、一部のレンズ使用者に許容されない場合がある。

要するに、黒道レンズの設計における理想的な最終目標として、以下のものが挙げられる。

1. 光学的に安定して、収差のない遠距離及び近距離視野範囲。
2. 実用的な幅と都合のよい長さの黒道帯状範囲。
3. 最小の異周非点収差。
4. 最小の横方向倍率誤差。

5. 最小の非対称歪。

6. 最小の双眼的倍率及び非点収差不均面。

7. 最小の双眼的黒道プリズム的不均衡。

8. 視野連続性。すなわち、滑らかで連続的な光学的効果。

残念ながら、全ての設計上の最終目標を同時に満足させることは不可能であり、設計的な折衷物が不可避となる。数多くの折衷物が可能であり、それらは個々に特有の特徴を備えた新たな設計となる。

米国特許第4,036,311号(出願人: Winthrop, 譲受人: American Optical, 1977)に記載された黒道レンズは、レンズの上半部全体を占める球形遠距離部分と、大きい球形読書部分とを備えている。そのために、中間範囲内の非点収差は大幅に圧縮され、無視できない程度となっている。中間範囲の周辺部分での正視性を修正するための工夫が凝らしてあるが、この特徴では、修正範囲と非修正範囲との間の境界に、望ましくない収差集中が生じる。この設計の基本構造は3焦点レンズと類似しているので、この設計では、視野的な連続性が得られない。

米国特許第4,307,945号(出願人: Kitchen及びRupp, 譲受人: Itt, 1981)に記載された構造も、レンズの上半部からなる球形遠距離部分と、大きい球形読書部分と、中間範囲の周辺部分での正視性を修正する部分とを備えている。黒道帯状範囲に隣接する非点収差は、非点収差

を帯状範囲自体の中心軸に生じさせることにより、通常予測される値よりも減少しているが、帯状範囲の両側に残る非点収差は無視できない。収差は、正視性についての修正範囲及び非修正範囲の間の境界に著しく集中する。この構造は概念的には前述の物と類似しており、視野的な連続性に欠ける。

米国特許第4,315,873号(出願人: Guilino及びBarth, 譲受人: Rodenstock, 1982)に記載された累進レンズ構造は、前述の2つの構造と類似しており、大形で緩む球形の遠距離部分と、大形で緩む球形の読書部分とを有している。この構造では、前述の2つの構造と比べ、正視性の維持についてさほど重きが置かれていない。この構造では、非点収差の値を比較的低くでき、前述の2つの構造と比べて、非点収差を均一に分散させることができる。この様に改良されているにもかかわらず、この構造も3焦点構造に類似した物であり、従って、全体的な視野連続性に欠ける。

カナダ特許第583,067号(出願人: Davenport), 米国特許第4,274,717号(出願人: Davenport), オランダ公開出願第71-07504号(Blessels)にも、両側の累進レンズが記載されており、それによると、累進表面が3個の従来の視野領域に分割されており、大形の球形遠距離部分をレンズの上半部に備え、大形の球形読書部分を下半部に備えるとともに、遠距離及び読書部分を接続する

中間累進帯状範囲を備えている。Davenport構造では、累進表面が、多数の球面に対して一定の傾斜角の傾斜平面を通過させることにより形成される複数の円の集合体の部分により形成されている。Blessels構造は、傾斜平面の傾斜角が変化し得る点 除いて、本質的に同じである。いずれのレンズでも、収差レベルは大きい。

米国特許第4,314,061号(出願人: Vlothrop)に記載された累進レンズでは、従来の3視野領域レンズの非点収差レベルを、ディリクレ原理を適用して中間領域の収差を均一に分散させることにより、適当な低レベルまで減少させている。ところがこのレンズも、前述のレンズと同様に著しい収差が生じ、視野的な連続性に欠ける。

前述の各構造は(Blesselsのレンズを除いて)帯状範囲中心軸に対して、光学的に対称である。視線を累進帯状範囲で快速に下げ得るようにするために、各レンズの帯状範囲は、フレームに取り付けた時、垂直方向から約9°傾斜させなければならない。ところが、この様にすると、中間倍率レベルでの軸から外れた視野において、2つのレンズの間で不快な双眼的な差が生じることがある。いくつかの構造では、帯状範囲中心軸に対して非対称にして、これらの望ましくない双眼的効果を制御するような試みがなされている。

米国特許第3,765,724号(出願人: Hattenes, 譲受人: Essilor, 1974)では、非対称レンズが記載されており、

その目的は、中間及び近距離倍率レベルでの均等な非点収差効果を双眼的に得るためである。ところがこのレンズも、レンズの上半部からなる球形遠距離範囲と大形の球形読書範囲とを備えている。そのために、非点収差効果は双眼的に均等化されるが、非点収差の程度は問題となる程度に強い。更にレンズは、3焦点構造のように3個の異なる視野領域からなり、視野連続性が得られない。

米国特許第4,006,622号(出願人: Foster及びLahres, 譲受人: Zeiss, 1986)に記載された非対称構造は、2個のレンズの間の許容値双眼的プリズム不均面を減少させることを目的としている。ところがこの構造でも、レンズの上半部からなるほぼ球形の遠距離部分と、大形のほぼ球形の読書部分とを有している。そのために、中間レベルでの非点収差が大きい値となる。更に、その様な構造では、前述の理由により、視野的な連続性を得ることができない。

米国特許第3,687,528号(出願人: Hattenes, 譲受人: Societe des Lunetiers, 1972)から、累進レンズの本質的な非点収差は、遠距離部分の周辺範囲内まで延びるようにすることにより、その程度を減少させ得ることが公知である。この様な減少は、遠距離視野レベルに非点収差及び倍率誤差を導入するという犠牲を払って実現される。ところが、残留非点収差は無視できない。更に、非点収差のレベルを減少させているにもかかわらず、この

設計構造では、最終に視野連続性が得られない。

米国特許第4,580,883号(出願人: Shinohara, 譲受人: Seiko, 1986)に記載された累進レンズでも、累進表面が3個の従来の視野範囲(遠距離、中間距離、近距離)に分割されている。先の段落で説明した構造と同様に、非点収差が遠距離及び近距離領域の周辺部分で許容されており、この特徴が、中間領域で生じる最大非点収差を減少させるのに役立っている。更に、遠距離及び近距離視野領域は、正視性がこれら2つの領域のあらゆる点で厳密に維持できるように構成されている。ところが、正視性は中間範囲内では維持できない。その結果、正視性について交互に修正及び非修正された3個の視野領域からなるこのレンズでは、光学的連続性の要求が満たされない。

米国特許第4,690,583号(出願人: Shinohara, 譲受人: Seiko, 1987)には、前段に記載した構造について、確い遠視の使用者に要求されるように、遠距離領域の屈折倍率が強い正である時の、改良技術が記載されている。この構造には、軸からずれた視野で生じる斜め非点収差効果を補正するために、「高曲率要素」を導入している。これは、正視性について交互に修正及び非修正状態にある3個の異なる視野領域の基本構造を変更するものではない。

米国特許第2,678,721号(出願人: Kanoll, 譲受人: F

arrand, 1959)では、非点収差レベルを比較的低い値まで減少させたレンズが記載されている。これは、レンズの範囲全体にかたって、点収差を分散させることにより実現されている。ところがその代償は大きく、遠距離中心及び近距離中心の両方の非点収差に問題が生じ、それらのレベルでの倍率誤差が大きい。従って、その様なレンズは実際に視野連続性が得られるが、それを達成するための犠牲が大きく、その様なレンズは使用者に許容されない。

従って、本発明の目的は累進付加屈折率レンズであって、屈折率が漸次滑らかに分散し、望ましくない非点収差レベルが極小で、少なくともレンズの後方向縁部で正視性が保たれ、全ての倍率領域において、倍率の安定性及び双眼的適合性についての実用的な必要条件が満たされたレンズを提供することにある。

#### 【発明の要旨】

この目的及びその他の目的を達成するために、本発明は、累進レンズにおいて、以下の特徴を組み入れたことを特徴としている。

(A) 遠距離及び近距離視野「範囲」は実際には範囲ではなく、2箇の数学的点を備えている。この方法では、望ましくない表面非点収差の値を、通常よりも大きい範囲、すなわち、レンズの範囲全体に分布させることにより、最小のレベルまで減少させられている。

実現されている。

本件の部分被出願は、(1)本件出願人の先願の多目的2面レンズを補足して、それと互換性のある眼用及び動的活動用双眼累進レンズを提供し、又、(2)多目的、眼用及び動的活動用双眼累進レンズのシステムを提供するものである。

点が数学的抽象概念であることを認識すると、無論、本発明を具体化した累進倍率レンズでは、遠距離及び(又は)近距離部分が複数の点に接近し、換言すれば、遠距離及び(又は)近距離部分の周囲の一定平均倍率の等高線がある点に向かって接近又は収束することは、当業者にとって明らかである。従って、本件明細書及び特許請求の範囲で使用する「点」という言葉は、一定平均倍率の等高線がある点に向かって接近又は収束する形状又は点に接近する複数の部分を含むものとする。

次の本発明を図示の実施例により更に詳細に説明する。  
【実施例】

本発明による双眼累進倍率レンズは、均一な屈折率を有するガラス又はプラスチック材料で作ることができる。以下に記載の本発明実施例では、累進倍率変化に必要な曲率半径の変化はレンズの凸面側だけに限定されており、凹面側は通常の方法でのパースクリプション研磨のために残されている。以後、レンズの凸面側を「累進表面」と呼ぶ。但し、本発明は凸型累進表面を有するレンズに

(B) 遠距離及び近距離倍率点が、累進屈折率のへそ点線により接続されている。へそ点に沿う倍率規則数列の一般的形態は、(1)遠距離及び近距離点のすぐ近傍における光学的安定性必要条件と、(2)累進が滑らかであるという必要条件とにより設定される。滑らかさの特性は規則数列、又は、高い方の導関数の平均平方勾配が最小であることを保証することにより得られる。

(C) 遠距離及び近距離部分倍率点は、表面倍率等高線の2極系の極を備えている。等高線は、表面倍率及び非点収差を滑らかで満足の行くように分布させるように選択される。滑らかさの特性は、ある補助関数、すなわち、平均表面倍率に密に関連する関数の平均平方勾配が最小であることを要求することにより実現される。

幾何学的には、累進表面全体は母線曲線Cにより形成されると考えることができる。該曲線は、可変半径の球面と、可変直径の対応する円筒面との間に形成される交点の曲線である。交差した球面と円筒面とのずれ及び相対位置は、滑らかな光学的効果を実現する緩やかな湾曲表面を形成するように選択される。

本発明では、正視性と双眼的両立性を維持することは、設計的手段として積極的に対処されていない。本発明のこれらの望ましい特徴は、収差及び倍率勾配を最小にするという特徴から自動的な結果として生じる。更に、許容される双眼的性能が、非対称構造に依存せずに

限定されるものではなく、凹形累進表面を有するレンズにも同等に適用できる。

本発明を採用したレンズ構造は、これまでの構造に対する改良であり、本発明構造をより分かりやすく説明するために、従来技術の一例としてカナダ特許第583,087号に関して説明する。

図面の第1A図及び第1B図において、従来のレンズ10は累進表面12を有し、該表面12は幾何学中心Oにおいて垂直平面14に対して傾斜方向にあり、第2の垂直平面16が第1の垂直平面に対して直角に中心Oを通過して2箇の対称ハーフ(二分部分)にレンズを分けている。第2平面18は基本垂直メリジアンと呼ばれ、その交差部の曲線は第2図でMM'で表されており、ここでは、累進表面がメリジアン線18で表されている。

累進レンズの機械的要件では、メリジアン線に沿う表面と、その少なくとも2次(好ましくは3次)の導関数が連続的でなくてはならない。累進的に倍率を変化させるために、メリジアン線の曲率は、レンズの上半部の最小値から下半部の最大値まで所定の方法で連続的に増加している。垂直メリジアンに沿うこの曲率変化はメリジオナル倍率法制と呼ばれる。

第2図に示すメリジアン線18の曲率中心の軌跡は、メリジアン線のエボリュートと呼ばれる連続的湾曲部mm'を備えている。メリジアン線の各点Qについて、エ



ポリュート上に対応する点 $q$ が存在している。2つの対応する点 $(Q, q)$ をつなぐ半径ベクトル $qQ$ は、においてメリジアン線18に対して垂直であり、 $q$ においてエポリュート $\theta = 0$ に対して接線方向である。

第3図は、代表的な累進倍率レンズの構造を示している。累進表面を形成する円形円盤Cは水平方向にあり、可変半径がメリジアン線18の各点を通的に通過している。具体的には、任意の点 $Q$ を通る母線Cは、中心が $q$ で半径が $qQ$ の球面と、 $Q$ を通る水平平面との間に形成される交差線として限定される。従って、完全な累進表面が、可変半径の球面と可変高さの対応する水平面との間の交差線Cにより形成される(描かれる)と考えられる。この構造の結果、メリジアン線の各点 $Q$ での原理的曲率は等しく、その結果、表面はメリジアン線において非点収差から解放される。

この従来技術のレンズの累進表面12は代数項で容易に記述できる。第1図に示す座標系は、その原点が $O$ に一致し、その $x-y$ 平面が $O$ で接線平面と一致するものと限定されている。 $x$ 軸は、光学的倍率の増加方向において、下向きを指している。この座標系では、 $z$ 軸が $O$ において表面と垂直であり、表面12の式は $z = f(x, y)$ の形態で書くことができる。

$u$ がメリジアン線上の点 $Q$ の $x$ 座標を指すすると、エポリュート上の対応する点 $q$ の座標 $(\rho, \varphi, \zeta)$ は、

削除すると、表面の単一の非パラメータ的代数式が以下のように表される： $z = f(x, y)$ 。なお、以下の通りである。

$$f(x, y) = \zeta(u) - (x(u))^2 - (y - \zeta(u))^2 - y^2)^{1/2} \quad (5)$$

レンズ10のメリジオナル倍率法則が第4図に示す一般的な形態である場合、構造のDP及びRP領域は球面となり、レンズの全幅にわたって延びる。その様な構造では、遠距離実用性及び近距離実用性が充分なものとなるが、周知の如く、中間距離の非点収差が許容できない程度に強くなる。この従来技術レンズの表面倍率及び非点収差特性が第5A図、第5B図、第5C図に描かれている。

球面DP及びRP領域の境界におけるその他の数多くの変形構造が、先に引用した文献に記載されているが、それらの各文献において、変形球面DP、RP領域は、寸法が有限であり、その様なレンズでは、望ましくない非点収差が最大限に可能な範囲までは減少しない。

本発明によると、屈折倍率が可能な範囲で最大限に分散し、かつ、望ましくない非点収差が可能な範囲で最大限に低いレベルにある累進倍率眼鏡レンズが、球面DP、RPで占められる範囲を0まで減少させることにより実現されている。換言すれば、本発明のDP及びRPは、厳密に言う、数学的な点であり、面積ではない。この構造は第6図に略図で示しており、それによると、点F、

パラメータ $u$ の関数として以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \zeta &= u - r \sin \theta \\ q &= 0 \\ \zeta &= r \cos \theta \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \tan \theta du \quad (1)$$

なお

$$\sin \theta = \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} du \quad (2)$$

及び、 $r = u = qQ$ 、 $u = 0$ の時に $\sin \theta = 0$ であるので、累進表面は原点 $O$ において $x-y$ 平面に対して接線方向である点に注目できる。

$Q$ を中心とする半径 $r(u)$ の球面は、 $x-y$ 平面について正負として表すと、以下のように書ける。

$$u = \zeta(u) - (x(u))^2 - (y - \zeta(u))^2 - y^2)^{1/2} \quad (3)$$

$Q$ を通る水平面の式は以下の通りである。

$$x = u \quad (4)$$

式(3)は球面の集合を表し、式(4)は平行平面の集合を表している。各集合の元は単一パラメータ $u$ で形成される。 $u$ の各値毎に、特有の球面とそれに交差する平面とが存在する。球面及び平面との間の交差部の曲線はCで表され、第3図に示されている。 $u$ をその最大値と最小値の間で変化させると、曲線Cが完全に累進的な表面を描くようになる。式(3)及び(4)の間で $u$ を

$N$ が光学的倍率の2倍系の値を離れている。

DP及びRP領域を数学的な点まで減少させて、それらを含む適当な形態の累進表面を決定しなければならない。この決定は、従来技術を幾何学的に変化させることにより、概念的に実現でき、その特性が第7A図及び第7B図に示してある。第7A図には従来のレンズが示されており、 $x-y$ 平面で $x = u$ の面の集合の元の交点が示されている。これらの交点は平行で真直な線の集合を形成しており、それらの線は、直線DP及びRP境界に対して平行である。第7B図に示すように、本発明の実施例では、DP及びRPが点であり、その実施例に移すと、平行直線の集合が半径の変化する円形円盤の集合に変わる。第7B図に示す円形円盤は、1パラメータ集合の複数の円形円盤と $x-y$ 平面との交点を表している。平面のオリジナル集合の各元毎に、円盤の集合の対応する元が存在する。交差する球面及び円盤の集合の対応する元が母線曲線Cで交差する。更に、これらの対応する元は、同じパラメータ $u$ で識別でき、その場合、 $u$ は各レンズのメリジアン線上の点 $Q$ の $x$ 座標である。パラメータ $u$ をその最大値と最小値の間で変化させることにより、曲線Cが発明の完全な累進表面を描くようになる。

式(5)に類似する新しい表面についての代数式は容易に得られる。円形表面の集合のあらゆる元の式は以下の形態で書くことができる。

$$x = g(y, u) \quad (6)$$

この式をパラメータ $u$ について解いて、以下の形態の式にできる。

$$u = h(x, y) \quad (7)$$

この式は従来技術レンズの場合に式(4)に約分される。新規なレンズの製造表面の式は、式(7)及び(3)の間でパラメータ $u$ を削除することにより、以下のようになられる。

$$z(x, y) = \{h(x, y) - \{f(h(x, y))\}^2 - \{g(h(x, y))\}^2\}^{1/2} \quad (8)$$

結果として生じる製造表面の詳細な形態は、点 $M$ 、 $N$ に沿う倍率の規則数列の形態、及び、式(8)で表される円形円筒面の間隔に左右される。本発明の目的を満足させるために、メリジアン倍率規則数列及び円筒面間隔は、緩やかに増減する表面を生じさせるように選択し、それにより、滑らかな光学的効果を確保するようにしなければならない。

上述の如く、曲線 $FN$ に沿う倍率の規則数列の形態は、2つの要件により決定され、具体的には、(1)点 $F$ 、 $N$ 近傍の光学的安定性要求条件と、(2)函数 $k(u) = 1/f(u)$ がパラメータ $u$ の滑らかな函数であるという必要条件とにより決定される。

(1) 光学的安定性の範囲は、屈折倍率が大幅には変化しない範囲である。 $F$ 又は $N$ を囲む安定範囲の所望の寸

法は、当然、該範囲の用途に左右される。例えば、一般的用途の顕微鏡レンズでは、特に手元の作業のために設計された顕微鏡用レンズと比べ、広くて安定した遠距離視野範囲と比較的小さくて安定した近距離視野範囲とが必要である。

本発明において $F$ を囲む安定範囲の寸法は、質的には $F$ からの距離の函数としての曲率( $k$ )の成長率に左右される。成長率を低くすると、安定遠距離視野範囲が大きくなる。同様に、 $N$ からの距離の函数としての $k(u)$ の成長率を小さくすると、安定近距離視野範囲が大きくなる。

$k(u)$ があらゆる次数の導関数を有するようにする。その様にすると、 $F$ 、 $N$ での $k(u)$ の成長率は、それらの点での第1非消滅導関数の次数に関連する。(数列 $au^4 + bu^3$ では、 $u=0$ での第1非消滅導関数は4次導関数である)。第1非消滅導関数の次数が高くなるにつれて、成長率は低くなる。例えば、 $F$ での第1非消滅導関数が $d^4k/du^4$ である函数 $k(u)$ は、第1非消滅導関数が $d^4k/du^4$ である函数よりも低い成長率を示す。 $F$ 及び $N$ での第1非消滅導関数の次数を適当に選択することにより、安定遠距離及び近距離視野範囲の寸法を制御する。

(2) 本発明の目的を満たすために、函数 $k(u)$ は函数の単価と、 $F$ 、 $N$ でのその導関数とに矛盾しない $u$ の

最も滑らかな函数であることが必要である。滑らかさの基準として、 $k(u)$ の平均平方勾配が最小であるか、換言すれば、 $k(u)$ が以下のディリクレ積分を最小にすることを求めるのが妥当である。

$$I = \int |k'|^2 du \quad (9)$$

上記式で、 $k(F) = k_1$ 、及び $k(N) = k_2$ を条件とすると、 $k' = dk(u)/du$ である。この積分は以下の形態である。

$$I = \int f(u, k, k') du \quad (10)$$

上記式は、オイラー・ラグランジュ式を満足させる函数 $k(u)$ により最小値を与えられる。

$$\partial f / \partial k - (d/dx)(\partial f / \partial k') = 0 \quad (11)$$

$f = |k'|^2$ であるので、上記式は以下のように約分される。

$$k'' = 0 \quad (12)$$

従って、以下のようになる。

$$k(u) = c_1 + c_2 u \quad (13)$$

上記式において、 $c_1$ 及び $c_2$ は $F$ 及び $N$ での $k$ の値により定まる定数である。すなわち、滑らかさの基準(9)に対応する函数は $u$ の直線的な函数である。基準(9)は、 $F$ 及び $N$ での第1非消滅導関数が2以上の次数である関

数には適用されない。より一般的な滑らかさの基準が必要である。

$m$ 及び $n$ がそれぞれ $F$ 及び $N$ での $k$ の第1非消滅導関数の次数を直し、 $p = m + n$ とする。その場合、(9)の代わりに $k$ が以下の積分を最小にすることを求める。

$$I = \int |d^{p-1}k/du^{p-1}|^2 du \quad (14)$$

(14)を最小にする函数 $k$ は、オイラー・ラグランジュ式により与えられる。

$$d^2k/dx^2 = 0 \quad (15)$$

その解は $(p-1)$ 次多項式である。

$$k(u) = \sum_{n=0}^{p-1} a_n u^n \quad (16)$$

上記式で $p$ 係数は、 $p$ 終点条件により定まる。 $k_1$ 及び $k_2$ がそれぞれ $F$ 及び $N$ での曲率を直し、 $F$ が第9図に示すように $u=1$ に位置するとすると、式(16)は以下のように書き改めることができる。

$$k(u) = k_F + (k_N - k_F) \sum_{n=1}^{p-1} a_n (u-1)^n \quad (17)$$

【この式の $c_1$ は(16)のそれとは同じではない。】式

(17)は任意の終点条件に対応した最も滑らかな曲率函数 $k(u)$ を限定している。

遠距離及び近距離視野「範囲」を点 $F$ 及び $N$ で限定し、これらの点の間の力法則 $k(u)$ の形態を特定すると、

次に、レンズのその他の部分の最適表面の形態を特定することが残る。本発明の目的を満たすために、倍率及び非点収差はレンズの範囲全体にわたってできるだけ滑らかに分散させなければならない。これを達成するために、一定平均表面曲率  $R(x, y)$  の曲線と球面及び円筒面との交点の対応する元の間の交点の曲線  $C$  を識別するとともに、メリジオナル倍率法則の場合と同様に、望がディリクレ積分を最小にすることを要件とすることにより、それらの関数を固定することが適当であるように思える。

$$I = \int (E_x^2 + E_y^2) dx dy \quad (18)$$

なお、変数  $x, y$  はそれらの変数についての部分関数を示している。ところがこの方策は数学的には実行可能ではない。それに代えて、平均曲率  $R$  ではなく、補助関数  $\mu(x, y)$  で処理を行うと都合がよい。

第8図に示すように、補助関数  $\mu(x, y)$  は  $x-y$  平面上に限定されている。関数  $\mu$  は最適表面自体を動かすのではなく、円筒表面の間隔を限定するために使用される。この関数は次の境界値を取る。

$(x, y) = DP$  極の時に  $\mu(x, y) = C_1$ 、 $(x, y) = RP$  極の時に  $\mu(x, y) = C_2$ 、無限で  $\mu = 0$  (19)  
なお  $C_1, C_2$  は定数である。これらの境界条件に対応する最も滑らかな関数  $\mu(x, y)$  は以下の考えから引き出される。

最小ポテンシャルエネルギーの原理として公知である。ディリクレ原理は帯電導電体の周囲の電気のポテンシャルの分布、ならびに、熱的導体における温度の定常分布を説明するものである。その様な自然に生じる分布は、それらを限定するフィールドがディリクレ積分を最小にするという意味で滑らかである。後に立証するように、ディリクレ原理によりその表面を形成した最適レンズも、同様に、滑らかさという特性を示す。

補助関数  $\mu(x, y)$  を利用するために、いわゆる以下のレベル曲線を形成する。

$$\mu(x, y) = C = \text{一定} \quad (23)$$

上記式は一定  $\mu$  値の曲線である。これらの曲線は式(6)又は(7)で与えた形態で表わすこともでき、従って、所望の円筒面の集合を表わすとも解釈できる。

第6図及び第9図に示す2極構造の場合、ラプラス式の解は、条件(19)に基づくと、特に単純である。定数  $\mu$  の曲線は、円筒形2極座標系の円形座標線と正座に一致する。座標系の極を距離  $h$  だけ離し、第9図に示す如く、 $DP$  極を原点  $O$  の上方へ距離  $L$  だけずらす。任意の点  $(x, y)$  を通るレベル曲線が点  $u(x, y)$  で  $x$  軸と交差する場合、計算により以下のことが分かる。

$$u = \frac{h}{2} - L + g - (\operatorname{sign} p) (a^2 - \frac{h^2}{4})^{1/2} \quad (24)$$

なお

仮に問題が1次元的であって、2次元的でない場合、 $\mu(x)$  が境界値  $\mu(0) = C_1$  及び  $\mu(1) = C_2$  を仮に有していれば、 $x=0$  と  $x=1$  の間の最も滑らかな関数  $\mu(x)$  は直線関数  $\mu(x) = C_1 + (C_2 - C_1)x$  となる。この関数は以下の微分式を満たす。

$$\frac{d^2 \mu}{dx^2} = 0 \quad (20)$$

すなわち、2次元の場合に、必要な関数  $\mu(x, y)$  は以下の2次元ラプラス式を満たす。

$$\left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) \mu(x, y) = 0 \quad (21)$$

上記式は境界条件(19)に従って解かなければならない。式(21)を満たす関数は調和関数と呼ばれる。

上述の結果は、より厳密な方法で引き出すことができる。滑らかさの基準は、導関数  $\mu/x$  及び  $\mu/y$  の係数の平均値が最小となるように求めることである。これに代えて、これらの量の平方の平均和を考慮すると、すなわち、以下のディリクレ積分を考慮すると、

$$\iint \left( \left( \frac{\partial \mu}{\partial x} \right)^2 + \left( \frac{\partial \mu}{\partial y} \right)^2 \right) dx dy \quad (22)$$

オイラー・ラグランジュ変分計算法によると、 $\mu(x, y)$  がラプラス式(21)を満たす時に、式(22)が最小となる。ラプラス式を満たす関数により、式(22)が最小となるという事実は、ディリクレの原理、又は、

$$g = (1/2) \left( p + \frac{p^2 + h^2/4}{p} \right) \quad (25)$$

及び

$$u = -\frac{h}{2} + L \quad (26)$$

$u(x, y)$  についてのこの式は、式(3)に代入すると、本発明による2極レンズの最適表面の完全な代数的仕様が得られる。メリジオナル倍率法則  $r = r(u)$  の形態を置えることにより、別の実施例を形成できる。

要するに、2極最適表面  $\mu(x, y)$  は以下の値の式で特定できる。

$$\begin{aligned} \mu &= \ell(x, y) \\ &= \ell(u) - \{r(u)^2 - [r - \ell(u)]^2 - y^2\}^{1/2} \end{aligned}$$

なお

$$\ell(u) = u - r(u) \sin \theta(u)$$

$$\ell(u) = r(u) \cos \theta(u) + \int \tan \theta(u) du$$

$$\sin \theta(u) = \frac{y}{r(u)}$$

$$u = \frac{h}{2} - L + g - (\operatorname{sign} p) (a^2 - \frac{h^2}{4})^{1/2}$$

$$g = (1/2) \left( p + \frac{p^2 + h^2/4}{p} \right)$$

$$p = -\frac{h}{2} + L$$

$h = DP$  及び  $RP$  極の間の垂直距離。

$L =$  原点  $O$  上方の  $DP$  極の垂直方向のずれ。

メリジオナル倍率法則はN次多項式である。

$$\frac{1}{r(u)} = \frac{1}{r_D} + \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_D} \right) \sum_{n=1}^N c_n (u + L)^n$$

$r_D$  = DP面での黒道表面の曲率半径。

$r_A$  = RP面での黒道表面の曲率半径。

$C_n$  = 一定係数

#### 第1の実施例

本発明による上記原理により構成されて、一般的用途に適した典型的なレンズの例を以下に説明する。

レンズは図9図に示されており、8次多項式倍率法則により特徴付けられて、以下の式で規定される。

$$\frac{1}{r(u)} = \frac{1}{r_D} + \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_D} \right) \sum_{n=1}^8 c_n (u + L)^n \quad (27)$$

なお

$$c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = 0$$

$$c_5 = 56/h^2$$

$$c_6 = -140/h^4$$

$$c_7 = 120/h^6$$

$$c_8 = -35/h^8 \quad (28)$$

$u = -L$  (DP面) の時に  $1/r = 1/r_D$ 、 $u = -L + h$  (RP面) の時に  $1/r = 1/r_A$  である。量は以下の通りである。

$$A = (n-1) \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_D} \right) \quad (29)$$

の他全ての2.00ジオプター付加黒道レンズと比べて、約0.4ジオプターだけ非点収差が少ない。従って、この実施例は本発明の最終目的に到達している。

#### 第2の実施例

次の実施例は、へそ点黒道メリジオナルの黒道レンズにおいて、非点収差を可能な限り低いレベルにしたレンズの例である。非点収差は倍率勾配で生じるので、その値なレンズは2面黒道面の間の間でできる限り低い倍率勾配を示さねばならない。これは、第11図に示す如く、直線的倍率法則で実現でき、以下の式で規定される。

$$\frac{1}{r(u)} = \frac{1}{r_D} + \left( \frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_D} \right) (u + L)/h \quad (31)$$

直線的倍率法則で定義される表面を、式(30)で与えられるパラメーター値を利用して、以下に評価する。第12A図には、一定平均表面倍率の等高線が示され、第12B図には一定表面非点収差の等高線が示され、第12C図には表面非点収差が3次元的に示されている。最大表面収差は0.68ジオプター又は付加倍率の1/3に過ぎない。これは悪くないが、へそ点黒道メリジオナルの黒道レンズにおいて可能な最小値を十分に表わしている可能性がある。第10A図は、DP及びRP面の近傍での倍率分布が比較的安定していないことを示している。この理由により、その非点収差レベルが低いにもかかわらず、レンズは一般的用途には望ましくない可能

なお、 $n$ がレンズ材料の屈折係数であって、多焦点レンズの「付加倍率」を表わしている。この特定の倍率法則は、DP及びRP面の近傍で表面倍率を徐々に変化させる。従ってレンズでは、遠距離及び近距離視野について適当な焦点安定性が得られる。

式(27)の倍率法則で規定される黒道表面を、2.00ジオプターの読書付加を有するレンズについて以下に評価する。レンズの屈折率は1.498であると仮定し、パラメーターの値を以下であると仮定する。

$$h = 37.71 \text{ mm}$$

$$L = 10.65 \text{ mm}$$

$$r_D = 83.00 \text{ mm}$$

$$r_A = 62.25 \text{ mm} \quad (30)$$

第10A図及び第10B図及び第10C図は、任意の値のパラメーターを使用して、式の電子計算機評価を行った場合の結果を示している。第10A図には、一定平均表面倍率の等高線が示され、第10B図には一定表面非点収差の等高線が示され、第10C図には表面非点収差の分布状態が3次元的に示されている。これらの図から明らかなように、レンズの倍率及び非点収差特性は滑らかで、緩やかに変化している。最小黒道視野範囲幅は、1.0ジオプター非点収差の線の間で測定して、約9mmである。更に、表面非点収差が到達する最大値は1.51ジオプターにすぎず、これは、現在市販されているそ

性がある。実際に、例えば、キーボードとビデオディスプレイターミナルを備えたコンピュータ作業ステーションのように、狭い視野だけを必要とする目視作業に最も適している。

#### 第3の実施例

第3の実施例は、近距離及び中距離の作業距離のために特に設計されたレンズである。このレンズは多目的レンズではなく、職能用レンズと考えられる。このレンズについてのメリジオナル倍率法則では、大きい安定した近距離視野範囲と、比較的小さい遠距離視野範囲が与えられる。倍率法則は以下の係数の4次多項式である。

$$c_1 = 0$$

$$c_2 = 6/h^2$$

$$c_3 = -8/h^4$$

$$c_4 = 3/h^6 \quad (32)$$

これらの係数で定義される黒道表面を、2.00ジオプターの読書付加を有するレンズについて以下に般的に評価する。反射率は1.498であり、パラメーターの値を以下のように仮定する。

$$h = 43.03 \text{ mm}$$

$$L = 20.29 \text{ mm}$$

$$r_D = 83.00 \text{ mm}$$

$$r_A = 62.25 \text{ mm} \quad (33)$$

式のコンピュータ評価の結果を第13A図、第13B

図、第13C図に示す。第13A図及び第13B図には、それぞれ、一定平均倍率及び一定表面非点収差の高線が示され、第13C図には表面非点収差の分布状態が3次元的に示されている。第13A図及び第13B図から明らかなように、(1)観察用レンズの近距離視野範囲は、第10A図及び第10B図に示されている多目的レンズよりも非常に幅が広く、(2)観察用レンズの遠距離視野範囲は多目的レンズよりも非常に幅が狭く、(3)中間視野領域は多目的レンズよりも幅が広い。観察用レンズの最大非点収差は、多目的レンズよりも小さく、2.00付加レンズで1.10対1.51ジオプターである。更に、観察用レンズの最大非点収差はレンズの0-180°線よりも上部に位置しており、その場所では、近距離視野機構を妨げ得ない。第13C図は、2価原理で設計されたレンズの特徴的な清らかさを表わしている。

観察用レンズは、ある意味で多目的レンズと逆であり、遠距離での実用性を犠牲にして、近距離での実用性を改善している。その結果、観察用レンズは、中間及び近距離の作業距離が主である目視作業に適している。このレンズはコンピュータ作業環境(例えばコンピュータターミナル、パーソナルコンピュータ又はワードプロセッサターミナル)で特に役立つ。この用途では、レンズをフレームに取り付けた状態では、水平に対して15°下

向(すなわち、ビデオモニターの通常の中心)での光学的倍率がレンズの付加倍率の3/4に等しい。この倍率は一般的なスクリーン距離(17~33")に通じている。レンズの設置中心は、その場合、水平方向から下側へ33°、すなわち、水平線がレンズと交差する点から下側へ16mmの位置に生じ、遠距離中心は水平方向に対して上方へ25°、すなわち、水平線がレンズと交差する点の12mm上方の位置に生じる。遠距離中心を使用するためには眼を僅かに傾けなければならないので、遠距離中心の高さは、長時間にわたって遠距離を見る場合には都合が良くないが、通常の事務作業については極めてに完全なものとなる。

#### 第4の数的変換例

第4の実施例は最後の実施例で、近距離視野を犠牲にして、遠距離視野に重点を置いたレンズである。このレンズは動的活動用レンズ(例えば、スポーツ活動用)と考えられる。メリジオナル倍率法則により、大きい安定遠距離視野範囲と、比較的小さい視野範囲が設けられる。倍率法則は以下の係数の8次多項式である。

$$\begin{aligned} c_1 &= c_2 = c_3 = c_4 = c_5 = 0 \\ c_6 &= 28/h^6 \\ c_7 &= -48/h^7 \\ c_8 &= -21/h^8 \end{aligned} \quad (34)$$

これらの係数で限定される最適表面を、2.00ジオ

プターの設置付加を有するレンズについて数的に以下に評価する。屈折率は1.498で、パラメータの値は以下の通りであると仮定する。

$$\begin{aligned} h &= 44.14 \text{ mm} \\ L &= 19.30 \text{ mm} \\ r_1 &= 83.00 \text{ mm} \\ r_2 &= 62.25 \text{ mm} \end{aligned} \quad (35)$$

このレンズについて一定平均倍率と表面非点収差のコンピュータで形成した曲線が第14A図及び第14B図にそれぞれ示してあり、表面非点収差の3次元プロットが第14C図に示してある。第14A図及び第14B図から明らかなように、(1)動的活動用レンズの遠距離視野範囲は、第10A図及び第10B図に示す多目的レンズよりも大きく、(2)動的活動用レンズの視野範囲は多目的レンズの視野範囲よりも幅が狭く、(3)2つのレンズの最適視野範囲は長さ(17mm)及び幅(1.0ジオプター非点収差の線の間で最小10mm)が概ね等しい。動的活動用レンズの最大非点収差は多目的レンズ(1.51ジオプター)と等しいが、レンズボディのより低い位置にあり、その位置では遠距離及び遠距離視野の妨げになりにくくなっている。第14C図は2価原理に基づくレンズの清らかさの特性を表わしている。

動的活動用レンズは遠距離が主であって、近視を排除することが必要な視野状況で使用するためのものであ

る。すなわち、例えば、職業的な自動車運転者やスポーツ好きの人に適した特殊な目的のレンズである。

説明を分かり易くするために、全体的な説明ならびに4つの実施例のレンズを最適な対称性を有するものとして記載してきた。この場合は最適形状範囲の中央を下方へ延びており、レンズを2個の対称な部分に分割する。ところが、実際の用途では、レンズの対称性は垂直方向から回転させて、近距離視野部分を実際に2.5mm差し込むようにしなければならない。この回転は、無論、眼鏡の両方のレンズで行われるが、それにより、境界の線が最適形状範囲に拍って通過して、全ての距離で明確な視野が得られるようになる。

本発明による非点収差の重要な結果として、双面的視野が旋巻・差し込み回転によって損なわれることがないということがある。従来の大部分のレンズでは、非点収差のレベルが高く、回転が双面的機能に影響を及ぼし、場合によっては、非対称構造を導入することが必要となる。ところが、本発明の場合は、非点収差のレベルが非常に低く、非点収差が非常に清らかに分布しているため、非対称にして旋巻・差し込み回転の影響に対処することは全く不要である。

以上に記載し、かつ、実施例1~4として説明した本発明の種々の実施例は、最適レンズのシステムを備えている。多目的レンズ(実施例1)、観察用レンズ(実施

例3)、動的活動用レンズ(実施例4)は、機械的に互いに補足するものである。従って、システムは、視野必要条件について最良の實用性を提供する。更に、レンズ構造は、同じ2価構造原理に基づいているので、レンズは相互に互換性がある。これにより、1つの最適構造から別のものへの切り換えが容易となる。実際に多目的レンズと兼用レンズとを使用すると、どちらの眼鏡を着用しているのかを言い当てることしばしば困難である。

今日の市場には、数多くの多目的最適レンズと、少数の兼用最適レンズとがある。これらの2つの形式のレンズは機械的に補足し合うが、構造原理の互換性は得られず、従って、以上に定義した意味でのレンズのシステムを備えていない。すなわち、本発明は、機械的及び構造原理的に互換性のある最適レンズのシステムを提供するものである。

本件明細書で使用する「レンズ」という用語は、当該技術分野で一般的であるあらゆる形態の屈折率の製品を含み、具体的には、第2の側(凹面側又は凸面側)の仕上げを必要とするレンズ素材や、両側を仕上げて「非切断」又は「切断(縁取り)」を行って眼鏡フレームへのはめ込みに必要な寸法形状にしたレンズを含むものとする。本発明のレンズは、ガラスから形成でき、又、眼鏡係で既に使用されている公知のプラスチックから形成で

きる。第2の側を仕上げる場合、すなわち、最適倍率点面を有する側と反対の側を仕上げる場合、第2の側に、通常の形態でレンズR P中心をずらせた所定の表面曲率を有するようにできる。

当業者にとって明らかなように、本発明には、ここで説明されていない数多くの形態や適用例があり、それらは特定の必要条件に適合するように実施できる。その場合、固定的ではないが、式(14)のディリクレ積分を最小としないメリジオナル倍率法則(例えば非多項式倍率法則)を使用したり、式(22)のディリクレ積分で指定されるそれらの間隔から離れた間隔を使用することもできる。従って、その様な形態や適用例の全ては、特許請求の範囲に限定した本発明の範囲に含まれる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1A図及び第1B図は、従来技術で公知の型式の最適倍率眼鏡レンズをそれぞれ表す最適正屈折率図及び断面図。第2図は第1A図及び第1B図のメリジオナル線のエゴリユートを示す略図。第3図は第1A図及び第1B図のレンズの最適表面の構造を示す略図。第4図は種々の視野領域を示す従来技術の最適倍率眼鏡レンズの最適正屈折率図とそれに対応する倍率法則のグラフ。第5A図、第5B図、第5C図はそれぞれ第4図の従来技術のレンズに対応する一定平均表面倍率の等高線と、一定表面非点収差の等高線と、表面非点収差のアイソメ図。第6図は本

発明による代表的レンズを採用した光学的倍率の2価レンズの面の位置を示す正屈折率図。第7A図及び第7B図は従来の最適レンズから本発明の一実施例への幾何学的変化を示す等高線図。第8図は本発明の目的を満足させる円筒形表面の概略展開図。第9図は本発明により構成されて8次メリジオナル倍率法則を含む典型的なレンズの概略構造を示す略図。第10A図、第10B図、第10C図はそれぞれ第9図の典型的な構造に対応する一定平均表面倍率の等高線と一定表面非点収差の等高線と、表面非点収差のアイソメ図。第11図は本発明の原理により構成されて直線的メリジオナル倍率法則を備えた典型的なレンズの概略構造を示す略図。第12A図、第12B図、第12C図はそれぞれ第11図の典型的な構造に対応する一定平均表面倍率の等高線と一定表面非点収差の等高線と、表面非点収差のアイソメ図。第13A図、第13B図、第13C図はそれぞれ中距離及び近距離の作業距離に特に適した本発明によるレンズについての一定平均表面倍率の等高線と一定表面非点収差の等高線と、表面非点収差のアイソメ図。第14A図、第14B図、第14C図は屋外での動的活動に特に適した本発明によるレンズについての一定平均表面倍率の等高線と一定表面非点収差の等高線と、表面非点収差のアイソメ図である。

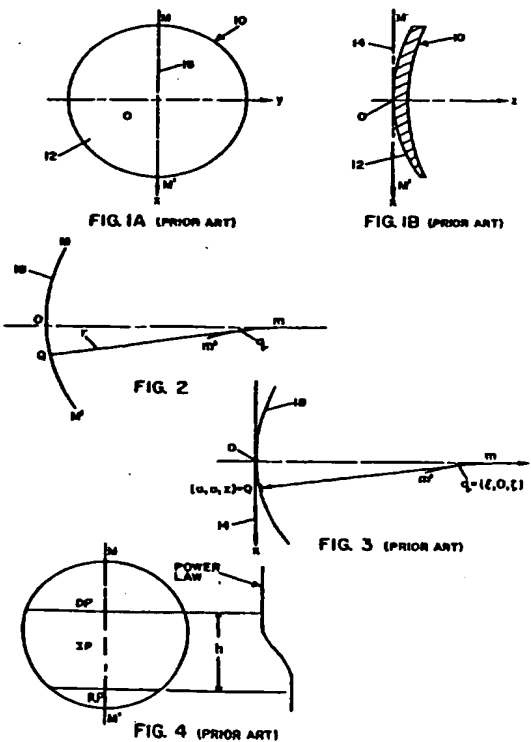


FIG. 5A

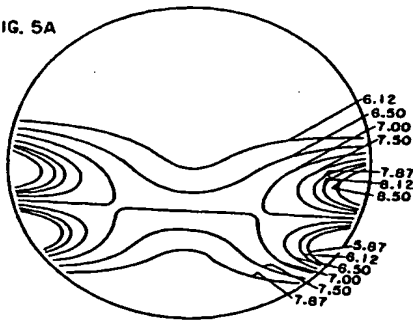


FIG. 5B

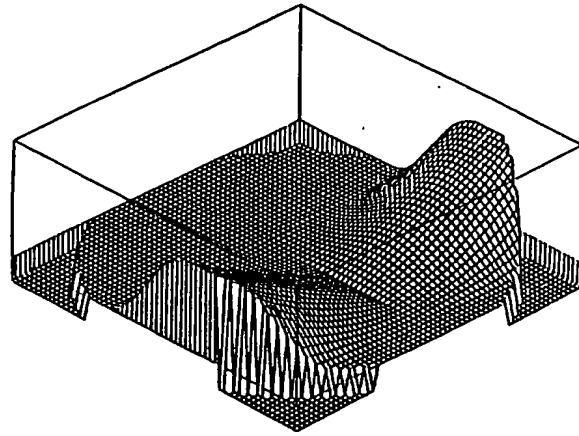
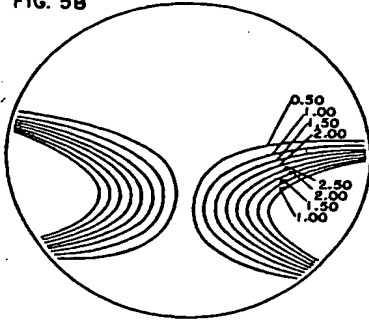


FIG. 5C

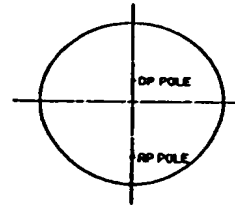


FIG. 6

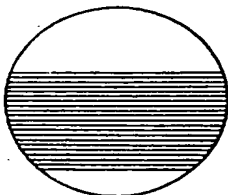


FIG. 7A

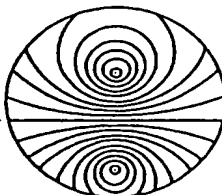


FIG. 7B

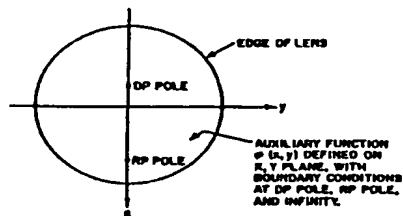


FIG. 8

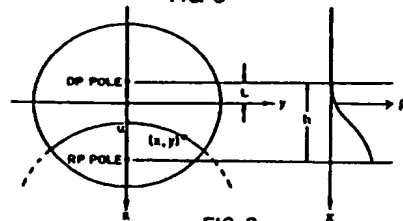


FIG. 9

FIG. 10A

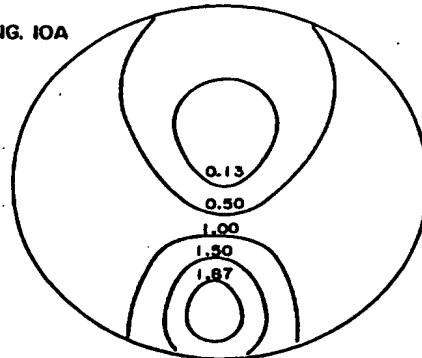
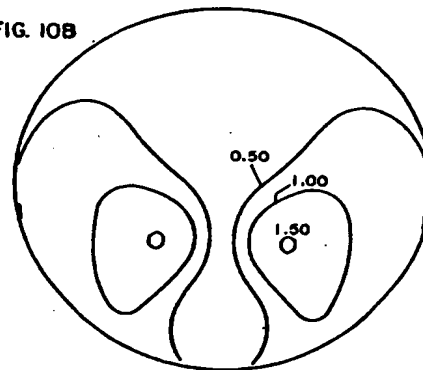


FIG. 10B



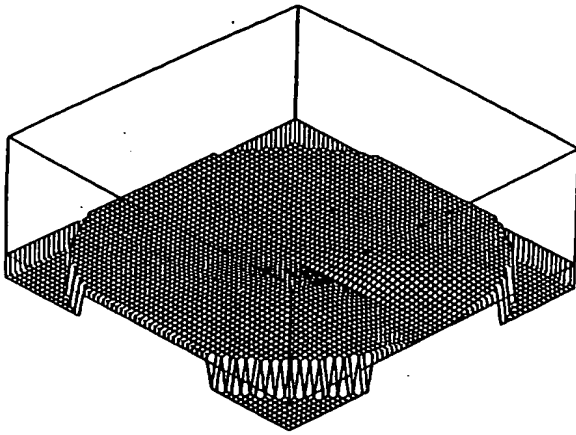


FIG. 10C

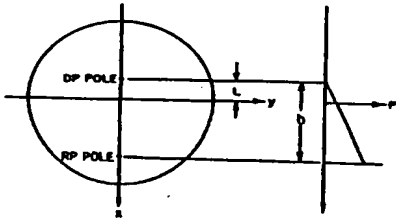


FIG. 11

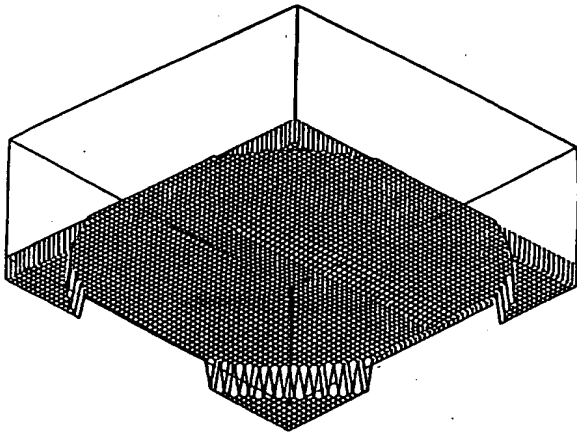


FIG. 12C

FIG. 12A

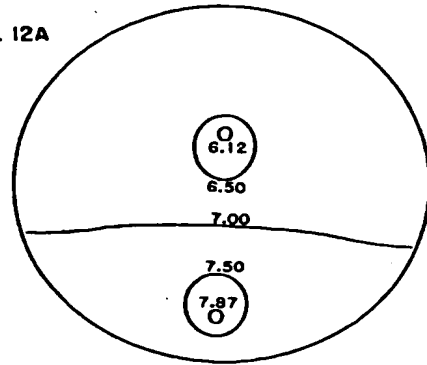


FIG. 12B

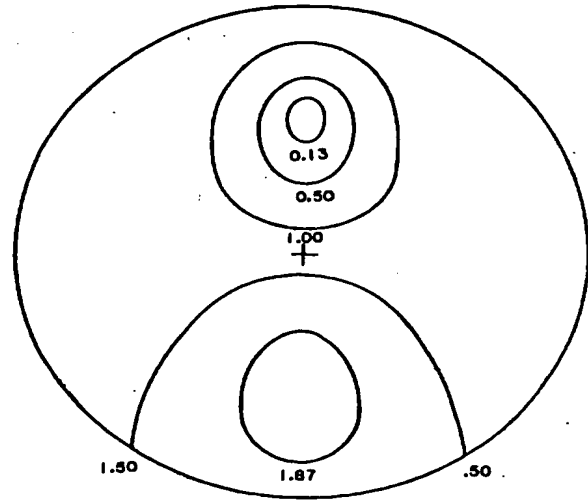
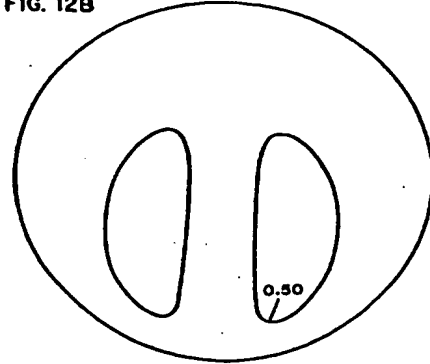


FIG. 13A



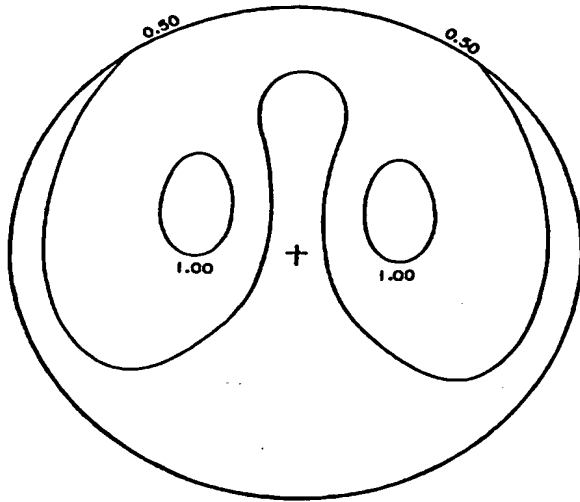


FIG. 13B

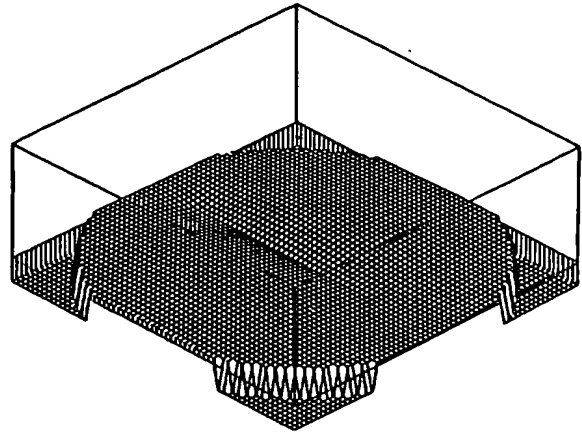


FIG. 13C

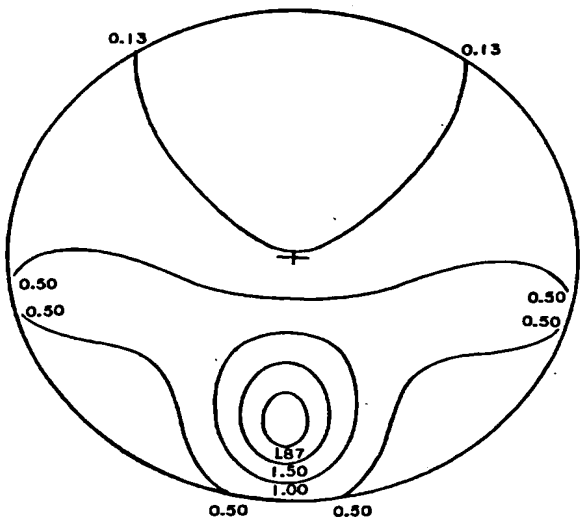


FIG. 14A

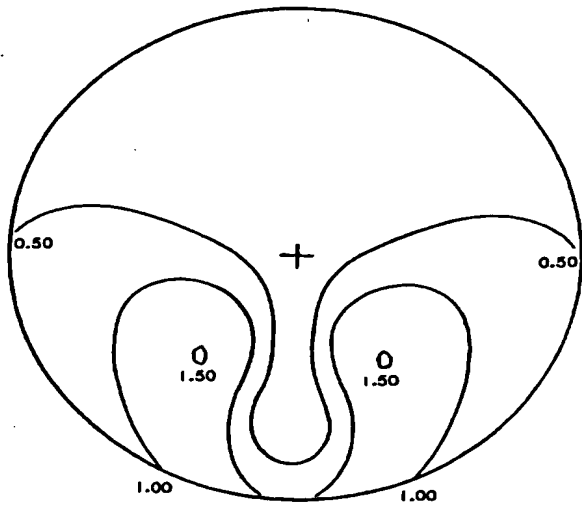


FIG. 14B

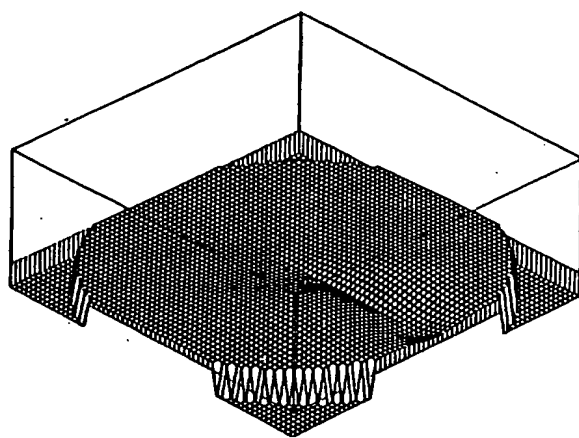


FIG. 14 C